

* NOTICES *

3

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

1. Use Adaptive Equalization and They are Direct Train Diffuse-Spectrum (DS-SS) Signal and Reference Signal.

the approach of making min the error at the time of optimizing a convergence rate and decoding an input signal—ed in the code-division-multiple-access (CDMA) receiver which makes the error of a between min, — it is : a — phase; which is the phase receive DS-SS signal transmission including at least one *****, a noise, and a desired DS-SS signal, and is constituted by the binary bit by which the DS-SS signal of said request was encoded in the diffusion chip train

- b) Phase which generates said received sample which samples said received DS-SS signal transmission, and is mutually correlated at a chip rate in bit spacing;
- c) Phase which carries out correlation discharge of said received sample partially by adopting a partial orthogonal transformation algorithm;
- d) Phase of preparing the part I part space which has the section relevant to the DS-SS signal of said request, and said at least one ***** by which correlation discharge was carried out;
- e) Phase of preparing the part II part space which has the correlated section relevant to a noise;

f) phase; which equalizes said part I part space accommodative and individually, optimizes a convergence rate, and makes an error min — and — g — accommodative in said part II part space — and — collective — etc. — changing phase;

The approach characterized by constituting "Be alike."

2. Approach including phase where said phase of equalizing accommodative and collectively updates some tap multipliers of tap delay-line structure according to claim 1.

3. Approach according to claim 2 said updating phase includes phase which adopts minimum mean square (LMS) algorithm.

4. Approach including phase which updates said accommodative tap multiplier of some of tap delay-line structures [phase / which changes / exception / individual] according to claim 1.

5. Said approach according to claim 4 phase which changes [exception / individual] includes accommodative and phase which adopts recursive minimum square (RLS) algorithm.

6. Said approach according to claim 4 phase which changes [exception / individual] includes accommodative and phase which adopts minimum mean square (LMS) algorithm.

7. Approach according to claim 1 constituted by phase where said phase which carries out correlation discharge partially adopts gram-Schmidt conversion.

8. Approach according to claim 1 phase of preparing part II part space includes phase of preparing part II part space which has the correlated section relevant to noise and at least one *****.

9. Use Adaptive Equalization and They are Direct Train Diffuse-Spectrum (DS-SS) Signal and Reference Signal.

It is the adaptation code-division-multiple-access (CDMA) receiver which makes the error of a between min. : Means which is a means to receive said DS-SS signal transmission including at least one *****, a noise, and a desired DS-SS signal, and is constituted by the binary bit by which the DS-SS signal of said request was encoded in the diffusion chip train;

*** NOTICES ***

JPO and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

In the CDMA receiver using partial correlation discharge The approach and equipment which receive and decode signal transmission Technical field Generally this invention relates to direct train code-division-multiple-access (DS-CDMA:direct sequence code division multiple access) communication system in more detail about the field of communication system.

Background Code-division-multiple-access (CDMA) communication system is widely used in the satellite communication which has the application of military and a commercial. Since it is spread on the large frequency spectrum to which the information which communicates was assigned and the reuse of this frequency spectrum can be carried out over multiple times, these systems are known also as CDMA spread-spectrum communication system.

Since the CDMA getting-over method tended to have received effect in the fading conditions which originally appear by the ground and the land-mobile environment generally, the application was restricted to satellite communication. However, CDMA communication system is spreading also in a ground land-mobile environment by development of the latest digital signal processing facility. For example, a CDMA system can be used now for a cellular phone environment by the latest development.

Generally, there are two kinds of CDMA communication system. One is known as a frequency-hopping CDMA system by which a large allocation spectrum is divided into many narrower frequency bands, and according to a predetermined sign, among these frequency bands, an information signal is switched, namely, "it hops to it" in this system. Another CDMA system is known as direct train CDMA communication system (DS-CDMA), and is diffused on the assigned frequency spectrum by combining the User Information signal of a binary bit with the diffusion sign called a pseudo-random noise (PN) sign. This diffusion sign is constituted by the binary condition of the predetermined train called a chip. Conventionally, a CDMA transmitter generates DS-SS signal transmission by carrying out the multiplication of the diffusion chip train identified by the specific receiver to the User Information bit string. In the usual CDMA communication system, the diffusion chip train turned to them understands the receiver beforehand, and it decodes DS-SS signal transmission based on the known diffusion chip train.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平9-503362

(43) 公表日 平成9年(1997)3月31日

(51) Int. Cl.⁴

H 0 4 B 1/707

識別記号

庁内整理番号

8949-5K

F I

H 0 4 J 13/00

D

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平7-510387
 (86) (22) 出願日 平成6年(1994)9月26日
 (85) 翻訳文提出日 平成8年(1996)3月22日
 (86) 国際出願番号 PCT/US94/10828
 (87) 国際公開番号 WO95/09493
 (87) 国際公開日 平成7年(1995)4月6日
 (31) 優先権主張番号 08/126, 865
 (32) 優先日 1993年9月27日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), AU, BR, CN, JP

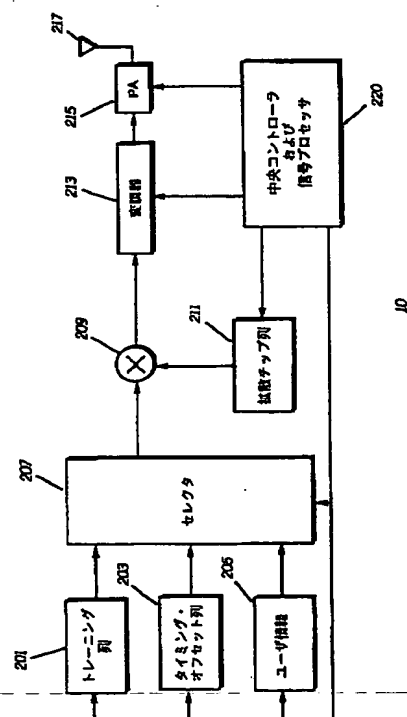
(71) 出願人 モトローラ・インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国イリノイ州60196シャンパ
 ーグ、イースト・アルゴンクイン・ロード
 1303
 (72) 発明者 リー, エドワード・ケー・ビー
 アメリカ合衆国フロリダ州サンライズ、ノ
 ース・ウェスト 31ブレース8425
 (74) 代理人 弁理士 大貫 進介 (外1名)

(54) 【発明の名称】 部分的相関解除を用いるCDMA受信機において通信信号を受信および解読する方法および装置

(57) 【要約】

適応CDMA受信機20においては、直接列拡散スペクトル(DS-SS)被受信信号と基準信号が、これらの間の誤差を最小にすることにより等化される。被受信信号には、拡散チップ列で符号化された二値ビットによって構成される所望のDS-SS通信信号が含まれる。被受信信号は、チップ速度でサンプリングされ、互いに相関するサンプリングされた被受信信号を生成する。被受信サンプルは、直交変換アルゴリズムを採用することにより部分的に相関解除され、相関解除された部分空間要素と相関された部分空間要素となる。適応等化過程は、相関解除された部分空間要素と相関された部分空間要素とに基づく。拡散解除等化器400のタップ係数は、相関解除された要素と相関された要素とに関して、それぞれ個別におよび集的に更新される。タップ係数のこの選択的更新により、高速の収束と最小の誤差が実現される。

第3図



【特許請求の範囲】

1. 適応等化を利用して直接列拡散スペクトル(DS-SS)信号と基準信号との間の誤差を最小にする符号分割多重接続(CDMA)受信機において、収束速度を最適化し、被受信信号を解読する際の誤差を最小にする方法であって：

a) 少なくとも1つの近信号、雑音および所望のDS-SS信号を含むDS-SS通信信号を受信する段階であって、前記所望のDS-SS信号が拡散チップ列で符号化された二値ビットにより構成される段階；

b) ビット間隔中に、チップ速度で前記被受信DS-SS通信信号をサンプリングして、互いに相関する前記被受信サンプルを生成する段階；

c) 部分的な直交変換アルゴリズムを採用することにより、前記被受信サンプルを部分的に相関解除する段階；

d) 前記所望のDS-SS信号および前記少なくとも1つの近信号と関連する相関解除された区間を有する第1部分空間を設ける段階；

e) 雑音に関連する被相関区間を有する第2部分空間を設ける段階；

f) 前記第1部分空間を適応的および個別に等化して、収束速度を最適化し、誤差を最小にする段階；および

g) 前記第2部分空間を適応的および集合的に等化する段階；

によって構成されることを特徴とする方法。

2. 前記適応的および集合的に等化する段階が、タップ遅延線構造のいくつかのタップ係数を更新する段階を含む請求項1記載の方法。

3. 前記更新段階が、最小平均二乗(LMS)アルゴリズムを採用する段階を含む請求項2記載の方法。

4. 前記適応的および個別に等化する段階が、タップ遅延線構造のいくつかのタップ係数を更新する段階を含む請求項1記載の方法。

5. 前記適応的および個別に等化する段階が、再帰最小二乗(RLS)アルゴリズムを採用する段階を含む請求項4記載の方法。

6. 前記適応的および個別に等化する段階が、最小平均二乗(LMS)アルゴリズムを採用する段階を含む請求項4記載の方法。

7. 部分的に相関解除する前記段階がグラム-シュミット変換を採用する段階によって構成される請求項 1 記載の方法。

8. 第 2 部分空間を設ける段階が、雑音と少なくとも 1 つの遠信号に関連する被相関区間を有する第 2 部分空間を設ける段階を含む請求項 1 記載の方法。

9. 適応等化を利用して直接列拡散スペクトル (DS-SS) 信号と基準信号との間の誤差を最小にする適応符号分割多重接続 (CDMA) 受信機であって：

少なくとも 1 つの近信号、雑音および所望の DS-SS 信号を含む前記 DS-SS 通信信号を受信する手段であって、前記所望の DS-SS 信号が拡散チップ列で符号化された二値ビットにより構成される手段；

拡散解除手段であって：

ビット間隔中に、チップ速度で前記被受信 DS-SS 通信信号をサンプリングして、互いに相関する被受信サンプルを生成する手段；

直交変換アルゴリズムを採用することにより、前記被受信サンプルを部分的に相関解除して前記被受信サンプルに対応する部分的に相関解除された要素を提供する相関解除手段であって：

所望の DS-SS 信号および前記少なくとも 1 つの近信号と関連する相関解除された区間を有する第 1 部分空間を設ける第 1 手段；および

雑音と関連する被相関区間を有する第 2 部分空間を設ける第 2 手段；

によって構成される相関解除手段；

前記第 1 部分空間を適応的におよび個別に等化して、収束速度を最適化する第 1 適応等化器手段；および

前記第 2 部分空間を適応的および集合的に等化する第 2 適応等化器手段；

によって構成される拡散解除手段；および

前記部分的に相関解除された要素に応答して、前記基準

信号と前記所望の DS-SS 通信信号との間の誤差を最小にする誤差最小化手段；

によって構成されることを特徴とする CDMA 受信機。

10. 適応等化を利用して被受信直接列拡散スペクトル(DS-SS)信号と基準信号との間の誤差を最小にする符号分割多重接続(CDMA)受信機において、収束速度を最適化し、前記被受信信号を解読する際の前記誤差を最小限にする方法であって：

a) 少なくとも1つの近信号、雑音および所望のDS-SS信号を含むDS-SS通信信号を受信する段階であって、前記所望のDS-SS信号が拡散チップ列で符号化された二値ビットを有するトレーニング列により構成される段階；

b) ビット間隔中に、チップ速度で前記被受信DS-SS通信信号をサンプリングして、互いに相関する被受信サンプルを生成する段階；

c) 部分的な直交変換アルゴリズムを採用することにより、前記被受信サンプルを部分的に相関解除する段階；

d) 前記少なくとも1つの近信号と関連する相関解除された区間を有する第1部分空間を設ける段階；

e) 前記所望のDS-SS信号および前記雑音に関連する被相関区間を有する第2部分空間を設ける段階；

f) 前記第1部分空間を適応的および個別に等化して、収束速度を最適化し、誤差を最小にする段階；および

g) 前記第2部分空間を適応的および集合的に等化する

段階；

によって構成されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

部分的相関解除を用いるCDMA受信機において

通信信号を受信および解読する方法および装置

技術分野

本発明は、一般に通信システムの分野に関し、さらに詳しくは、直接列符号分割多重接続(DS-CDMA: direct sequence code division multiple access)通信システムに関する。

背景

符号分割多重接続(CDMA)通信システムは、軍用および商用の用途を有する衛星通信において広く用いられる。これらのシステムは、通信される情報が割り当てられた広い周波数スペクトル上に拡散され、この周波数スペクトルを複数回にわたり再使用することができるので、CDMAスペクトル拡散通信システムとしても知られる。

CDMA復調法は、本来、地上および陸上移動環境に一般的に現れるフェーディング条件に影響を受け易いので、その用途は衛星通信に限られた。しかし、最近のデジタル信号処理機能の発達により、CDMA通信システムは地上陸上

移動環境においても普及しつつある。たとえば、最近の発達により、CDMAシステムをセルラ電話環境に用いることができるようになった。

一般に、CDMA通信システムには2種類がある。1つは、広い割当スペクトルが多数のより狭い周波数帯域に分割される周波数ホッピングCDMAシステムとして知られており、このシステムでは情報信号は、所定の符号に従ってこれらの周波数帯域間で切り換えられる、すなわち「ホップ」される。もう1つのCDMAシステムは、直接列CDMA通信システム(DS-CDMA)として知られており、二値ビットのユーザ情報信号を疑似ランダム・ノイズ(PN)符号と呼ばれる拡散符号と組み合わせることにより、割り当てられた周波数スペクトル上に拡散させる。この拡散符号は、チップと呼ばれる所定の列の二値状態によって構成される。従来は、CDMA送信機は、ユーザ情報ビット列に、特定の受信機により識別される拡散チップ列を乗算することにより、DS-SS通信信号を生

成する。通常のCDMA通信システムにおいては、受信機はそれらに向けられた拡散チップ列があらかじめわかっており、その既知の拡散チップ列に基づいてDS-SS通信信号を解読する。

CDMA受信機は、所望のDS-SS信号を受信することに加えて、多重接続DS-SS干渉信号も受信する。所望の信号と干渉信号との間に大きな電力格差がある場合には、拡散列間の非ゼロ相互相関により、「近遠(near-far)」問題と

いう現象が起こる。近遠状態では、電力の高い干渉信号が電力のより低い所望信号を大きく圧倒して、受信機の受信品質を低下させる。近遠問題を改善するための従来の方法は、受信機からの電力を、干渉側の送信機の電力を制御するために戻して、電力の格差を除く電力制御法を用いる。別の解決策では、PN符号を互いに直交するように構築する。直交符号は、所望列と干渉チップ列との間に所定の時間間隔の間、ゼロの相互相関を生む。そのため、直交チップ列をもつ干渉信号が、受信機における復調過程の間、抑制される。

より新しい方法では、適応拡散解除(adaptive despreading)または復調過程が提案される。適応CDMAシステムにおいては、受信機は適応等化(adaptive equalization)法を用いて多重接続干渉を抑制することができる。等化法は、最小平均二乗誤差(MMSE: minimum mean square error)規準を利用して、それにより拡散チップ列で符号化された被送信トレーニング・ビット列が符号化されない基準列と等化される。このようなシステムにおいては、CDMA送信機がトレーニング・ビット列を送信し、受信機はトレーニング・ビット列に基づいて、受信されたトレーニング・ビット列と基準ビット列との間の誤差を収束または最小化することにより、拡散解除符号を適応判定する。拡散解除チップ列の適応判定と多重接続干渉の抑制により、多数のユーザが、システム・パラメータを

あらかじめ知らなくても、あるいは電力制御機構を必要とせずに拡散スペクトル・チャンネル上で互いに通信することができる。

MMSE規準に基づく干渉抑制を適応実行するには、最小平均二乗(LMS:

least mean square) または再帰最小平均 (RLS: recursive least mean) アルゴリズムを採用するとよい。これらのアルゴリズムは、数学的計算および行列演算を利用して、受信されたトレーニング列と基準ビット列との間の誤差を最小にする。しかし、LMSアルゴリズムは、干渉信号が所望信号より大幅に強いときには、収束速度が遅くなることが知られる。一方、再帰最小二乗 (RLS) アルゴリズムは、LMSアルゴリズムよりも収束速度が速く、前者のアルゴリズムの収束速度は所望信号に対する干渉信号の比に依存しない。しかし、RLSアルゴリズムは、送信機の数チップの数よりも少なく、雑音電力が信号電力に関して相対的に小さい場合には、DS-SSでは用いることができない。これらの条件により、受信される入力相関行列は固有値がゼロまたはゼロに近くなる。入力相関行列は、入力ベクトルとそれ自身の移項されたベクトルとの積により生成される行列の加重和 (weighted sum) として定義される。これらのゼロまたはゼロに近い固有値により、RLSアルゴリズムを用いる誤差最小化過程には結果的に発散が起こる。

移動通信環境においては、可変するチャネル特性を迅速

に追跡し、高速通信リンクを提供する必要がある。上述のように、基準信号と被受信信号との間の誤差を収束および最小化するための従来のLMS法は時間の浪費である。そのため、適応等化過程を速めて、それによりLMSアルゴリズムを用いる従来の方法によって得られるよりも大幅に短い時間に誤差の最小化を達成することができるようにすることが必要である。

発明の概要

簡潔には、本発明によりCDMA受信機は、受信された直接列拡散スペクトル (DS-SS: Direct Sequence Spread Spectrum) 信号と基準信号との間の誤差を最小限に抑えることにより、DS-SS通信信号を適応解読する方法および装置を具備する。被受信信号には、拡散チップ列で符号化された二値ビットにより構成される所望信号が含まれる。被受信信号は、チップ速度でサンプリングされて、互いに相関される被受信サンプルを生成する。被受信サンプルは、直交変換アルゴリズムを採用することにより、部分的に相関を解除され、相関解除要素

を有する第1部分空間と、相関された要素を有する第2部分空間とを生成する。
LMSアルゴリズムまたはRLSアルゴリズムのいずれか一方を用いて、相関解除された要素と相関された要素をそれぞれ、個別におよび集合的に等化することにより誤差が最小

化される。

図面の簡単な説明

第1図は、CDMA通信システムの図である。

第2図は、本発明によるDS-SS通信信号のタイミング図である。

第3図は、第1図の通信システムで用いられるCDMA送信機のブロック図である。

第4図は、本発明によるCDMA受信機のブロック図である。

第5図は、第4図の受信機で用いられる拡散等化器のブロック図である。

第6図は、グラム-シュミットの直交化を用いる相関解除器のブロック図である。

第7図は、本発明による部分的な相関解除を表すグラフである。

好適な実施例の詳細な説明

本明細書は、新規と見なされる本発明の特性を定義する請求項を結論とするが、以下の説明と図面とを組み合わせることで考察することによりさらに良く理解されるものと思われる。

第1図を参照して、本発明の原理を具現する通信システム100が図示される。通信システム100には、直接列拡散スペクトル(DS-SS)通信信号30を送信する複数のCDMA送信機10が含まれる。DS-SS通信信号30には、拡散チップ列で符号化された二値ビットで構成されるベースバンド所望信号が含まれる。通信システム100には、他のCDMA送信機から他の多重接続干渉信号と共に所望の被送信通信信号30を受信する複数のCDMA受信機20も含まれる。そのため、受信された通信信号は、所望信号と共に、少なくとも1つの近干渉信号と白色ランダム・ガウス雑音をも含む。受信機20で受信された信号

は、以下の式により数学的に表すことができる：

$$R = \sum_{k=1}^L \sqrt{g_k} d_k P_k + N_n \quad \text{.....式 (1)}$$

ただし、 g_k 、 d_k 、 P_k は、それぞれ k 番目のユーザ信号の被受信電力レベル、 k 番目のユーザ・データ・ビット、 k 番目のユーザ拡散ベクトルを表す。 N_n は、ゼロの平均ガウス・ランダム雑音を示す。式(1)では、所望の送信機を含む L 個の送信機があると仮定され、 P_1 は、所望の信号拡散列（またはベクトル）を表すと仮定され、 d_1 は、所望のデータ・ビットであり、これは後述されるように1または-1のいずれかの値をとる。大文字は、ベクトルまたは行列を示すために用いられることに留意されたい。

通信システム100は、適応CDMA通信システムであり、それによって拡散解除チップ列が適応判定される。判定された拡散解除チップ列は多重接続干渉信号を抑制し、所望の信号を解読する。後で詳細に述べるように、受信機20は被受信信号と、所望信号に対応する基準信号との間の誤差を最小にすることにより、トレーニング期間中の拡散解除チップ列またはベクトルを判定する。受信機20で平均二乗誤差(MSE: mean squared error)を最小にすることにより誤差が最小になる。これを次式で表す：

$$MSE = E[(W^T R - d_1)^2] \quad \text{.....式 (2)}$$

ただし、 E は平均演算子を示し、 W は受信機の拡散解除ベクトルである。ベクトル W は、受信されたDS-SS通信信号の拡散を解除し、MSEを最小にする拡散解除ベクトルである。

トレーニング中の適応誤差最小化は、非同期的に、すなわち受信機と送信機のビット・タイミングまたはチップ・タイミングを同期せずに実行される点に留意されたい。これは、干渉信号が存在する場合にはいかなる種類の同期を実行することもほぼ不可能であるからである。そのため、拡散解除チップ列がトレーニング期間中に判定される間は同期の必要性を回避するために、冗長的な非交替トレーニング・ビット列を送信する。

第2図を参照して、第1図の送信機10から送信される

所望のDS-SS通信信号30のタイミング図が示される。DS-SS通信信号30は、所望の拡散チップ列で符号化された一連の無線周波数変調ビットで構成される。ビットおよびチップは、それぞれ V_{+1} 、 V_{-1} の電圧電位で表される+1と-1の2つの状態のうちの1つの状態を取る二値信号である。 V_{+1} および V_{-1} の電位は、強度は等しいが、極性が逆である。DS-SS信号30の開始点では、冗長トレーニング列31が送信され、これは受信機20によって拡散解除チップ列を適応判定するために用いられる。本発明の好適な実施例においては、トレーニング・ビット列は、連続した+1ビット状態の列などの非交替(non-alternating)の連続するビット状態を有する所定の冗長ビット列によって構成される。トレーニング列31の後には、受信機と送信機のビット・タイミングを同期させるために用いられる送信機同期列33が続く。好ましくは、受信機と送信機の同期は、トレーニング期間の後に起こる。これは、干渉信号の悪影響がこの段階で打ち消されて、同期が可能になるためである。送信機のビット・タイミング列33の後に、ユーザが生成したデータによって構成されるユーザ情報列35が送信される。ユーザ生成データは、たとえば、デジタル化された音声や、計算装置で用いられる生の二値データとすることができる。

第3図を参照して、CDMA送信機10のブロック図が示される。CDMA送信機10には、拡散チップ列の変調と生

成に必要な信号処理を含め送信機10の動作全体を制御する中央コントローラおよび信号プロセッサ・ブロック220が含まれる。送信機10には、所定のトレーニング列を生成するトレーニング列ブロック201が含まれる。送信機10は、トレーニング列に続いて送信機のビット・タイミング列を生成する送信機同期列発生器ブロック203も含む。最後に、ユーザ情報列ブロック205が、ユーザ情報を二値ビット列の形で提供する。ユーザ情報は、マイクロホンから音声情報を受信する音声コーダなどの種々の源から起来することも、あるいは計算装置から生成された生のデータ情報で構成されることもある。セクタ・ブロック2

07は、中央コントローラおよびプロセッサ・ブロック220の制御下で、トレーニング、ビット・タイミングまたはユーザ情報列の1つを適切な順序で選択して、それを乗算器209に送る。拡散チップ列発生器ブロック211は、ビット列と組み合わせられて受信機に送信される拡散チップ列を生成する。好ましくは、生成される拡散チップ列は、所望の相互相関および自己相関特性を有する周知の黄金PN符号 (gold PN codes) によって構成される。拡散チップ列は、送信列の各ビットを符号化する所定の数のチップ (n) を有する。乗算器209は、送信列の1つに拡散チップ列を乗算して、変調器213に与える。変調器213は、二値相シフト・キーイング (BPSK: binary phase shift keying) または四分割相シフト・キーイン

グ (QPSK: quadrature phase shift keying) 変調器などの複数の周知の二値信号変調器によって構成される。変調器213の出力は、電力増幅器215に印加され、増幅器215は被変調信号を増幅して、それをアンテナ217に送って送信する。ブロック220と送信機10に関して説明される他のブロックのいくつかは、モトローラ社製のDSP56000シリーズなど1つ以上の周知のデジタル信号プロセッサを利用して実現することができることを理解頂けよう。

第4図を参照して、CDMA受信機20のブロック図が示される。受信機20は、干渉DS-SS信号やノイズに汚染された所望のDS-SS通信信号を含む被受信通信信号を受信する。被受信通信信号は、アンテナ301で受信され、初期の受信機選択性を提供するプレセクタ・フィルタ303に与えられる。濾波された信号は、周知のベースバンド復調器305に印加される。ベースバンド復調器305は、送信機10で用いられる変調法に従って通信信号を復調し、ベースバンド信号306を提供する周知の復調器によって構成される。ベースバンド信号306は、周知のチップ一致フィルタ (chip matched filter) ・ブロック307に送られる。チップ一致フィルタは、周知の積分ダンプ・フィルタ・ブロック (integrate-and-dump filter block) によって構成され、ここでは受信されたDS-SS通信信号がチップ速度でサンプリングおよび積分され、その結果が各

チップ間隔の最後にダンプされる。チップ一致フィルタの出力は、拡散解除等化器400に送られ、等化器400は、トレーニング列に基づいて拡散解除チップ列ベクトル W を適応判定する。後で詳細に説明されるように、拡散解除等化器は、被受信信号を、トレーニング・ビット列に対応する符号化されていない、あらかじめ格納された基準信号で適応等化することにより、拡散解除チップ・ベクトル W を提供する。信号プロセッサおよびコントローラ・ブロック320は、受信機20に関してすべての必要な信号処理要件を実行する。等化器400は、チップ一致フィルタ307の出力でDS-SS通信信号の拡散を解除し、その出力(415)に解読された通信信号を提供する。被解読通信信号は、スピーカ、計算装置、データ・ディスプレイまたはファックスまたは音声メール装置などいくつかのユーザ・インターフェース装置のうち1つにより構成されるユーザ・インターフェース・ブロック313に送られる。

第5図を参照して、拡散解除等化器400のブロック図が示される。好適な実施例においては、タップ遅延線構造(Tapped Delay Line structure)が用いられる。等化器400は、 n タップ遅延線により構成され、前述のように n は拡散チップ列内のビット当りのチップ数である。タップ遅延線は、その出力を部分相関解除器406を介して対応する数の乗算器404に結合した $n-1$ 個の直列に結合されたフリップフロップ402の列で構成される。直列に結合さ

れたフリップフロップ402の列は、各ビット間隔中にチップ一致フィルタ307の出力に提供される被受信サンプル r_1, r_2, \dots, r_n をチップ速度で順次移動させるシフト・レジスタとして動作する。被受信サンプル r_1, r_2, \dots, r_n は、ここでは被受信サンプル・ベクトル R で表され、 R の数学的表現は式(1)により与えられる。トレーニング・ビット列と干渉信号は拡散チップ列で符号化されるので、被受信サンプル R の要素、すなわち $r_1 \sim r_n$ は、互いに相関することを理解頂きたい。本発明により、被受信サンプル $r_1 \sim r_n$ は、相関解除器406を介して部分的に相関が解除されるので、出力要素は相関が解除されたものと相関されたままのものがある。部分的に相関解除された要素に基づいて、被受信信号と所望信号との間の誤差が最小になる。そのため、フリップフロップ402の出力は、プロ

ック 406 に送られて、被受信サンプル $r_1 \sim r_n$ を部分的に相関解除する。ブロック 406 の出力は、相関解除された要素 $y_n^d, y_{n-1}^d, \dots, y_{n-m}^d$ となり、これらはここでは相関解除部分空間ベクトル Y_1 により表される。ブロック 406 の出力もまた、相関された要素 $y_{n-m-1}^c, \dots, y_2^c, y_1^c$ となり、これらはここでは被相関部分空間ベクトル Y_2 により表される。部分相関解除器ブロック 406 は、直交変換アルゴリズムを利用して被受信サンプル・ベクトル R を変換する。周知の直交変換アルゴリズムを用いて被受信サンプル・ベクトル R の相関を解除することができる。このようなアルゴリズムには、固

有値変換およびグラム・シュミットの直交化が含まれる。

各ビット間隔の最後に、乗算器 404 は、結果として得られた相関解除要素と被相関要素に、タップ係数生成器ブロック 407 により与えられたタップ係数 w_1, \dots, w_n を掛ける。タップ係数 w_1, \dots, w_n は、拡散解除ベクトル W により表され、この結果により等式 (2) が満足され、ベクトル R により表される被受信信号と所望の信号 d_1 との間の誤差が最小になる。所望信号は等化器 400 内で、ブロック 403 により与えられるあらかじめ格納された基準ビット列により表され、これはトレーニング列に対応する。合算器 405 は、乗算器 404 の出力を合計して、合算器出力 408 を提供する。合算器の出力 408 は、加算器／減算器 409 と閾値決定ブロック 410 とに送られる。閾値決定ブロック 410 は、トレーニング間隔の後で、ユーザ・ビット列の被検出ビットを提供する閾値比較器によって構成される。閾値決定ブロック 410 は、等化器出力 415 を提供する。閾値検出器決定ブロック 410 は、合算器出力 408 をビット状態閾値レベルと比較することにより、解読されたビットの状態を判定する。等化器出力 415 と合算器出力 408 とは、それらの間の $(1/n)$ 比により関連することを理解頂きたい。トレーニング中は、加算器／減算器 409 は、合算器の出力 408 と、ブロック 403 により提供されるあらかじめ格納された基準ビット列とを比較する。トレーニング中は、あらかじめ格納された基準 403 の出力が、

スイッチ 416 を介して加算器／減算器 409 に結合される。トレーニングが完

了すると、スイッチ416は位置を変えて、出力415が加算器／減算器409の基準となることを可能にする。

あらかじめ格納された基準列は、符号化されないトレーニング列を表すあらかじめ定められた基準信号である。前述のように、これは1または-1の連続した非交替列である。加算器／減算器409は、あらかじめ格納された基準ビット列を、合算器出力と比較して、誤差信号411を提供し、これをタップ係数生成器ブロック407に送る。タップ係数生成器ブロック407は、最小平均二乗(LMS)アルゴリズムまたは再帰最小二乗(RLS)アルゴリズムのいずれか一方を用いて、各ビット間隔の間にタップ係数 $w_1 \sim w_n$ を更新し、誤差信号411を最小にする。拡散解除等化器400は、検出されたビット列とあらかじめ格納されたトレーニング列との間の誤差信号が最小になり、被受信信号と基準信号とが実質的に収束されて等化されるまで、タップ係数 $w_1 \sim w_n$ を更新する。等化されると、送信されたトレーニング・ビット列およびあらかじめ格納された基準ビット列、タップ係数 $w_1 \sim w_n$ は拡散解除チップ列の表現すなわちベクトル W となり、これはDS-SS通信信号30の拡散を解除し、拡散チップ列をあらかじめ知らなくても多重接続干渉信号を抑制する。そのため、ベクトル W は、拡散解除チップ列を表す。前述のように、ベクトル W の要素は、トレーニ

ング間隔が終了した後で受信されたDS-SS通信信号の拡散を解除するために用いられる。

第6図を参照して、相関解除器406の好適な実施例のブロック図が示される。本発明の好適な実施例による部分相関解除器406は、単独のあるいは複数のデジタル信号プロセッサを用いて実現することのできるグラム-シュミット直交変換に関する平行アーキテクチャを利用する。5チップ列信号については、部分相関解除器406は、相関された被受信サンプル $r_1 \sim r_5$ によって構成される入力を受信し、相関解除された要素 y_5^d , y_4^d (Y1)と相関された要素 y_3^c , y_2^c , y_1^c (Y2)とによって構成される出力を提供する。

周知のように、グラム-シュミットの直交変換は、残りのサンプルから受信された各サンプルを連続レベルで相関解除する。相関解除過程は、基本的には、1

つの被受信サンプルから、周知の数学的計算を用いて各レベルの残りの要素の影響を取り除く。第6図では、被受信サンプル・ベクトルRが入力され、要素毎に直交化される。第1レベルにおけるベクトルRに関する5つの要素の前述の仮定を参考に、変換がベクトルRに行われ、 r_j^1 は2ないし5のjに関する要素 r_j^1 直交する（小文字は直交化のレベルを表す）。この変換を次のように行列の形に表すことができる。

$$\begin{bmatrix} r_1^2 \\ r_2^2 \\ r_3^2 \\ r_4^2 \\ r_5^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -w_2^1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -w_3^1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -w_4^1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -w_5^1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1^1 \\ r_2^1 \\ r_3^1 \\ r_4^1 \\ r_5^1 \end{bmatrix} \quad \text{.....式 (3)}$$

上記の行列では、 w_j^1 は：

$$w_j^1 = \frac{E[r_1^1 r_j^1]}{E[r_1^1 r_1^1]}$$

.....式 (4)

に設定される。

要素毎の変換は、強力な干渉信号の相関が解除されるまで続く。第6図の実施例においては、2つの強力な干渉信号が想定される。第6図のブロック601は、各レベルで行われる計算処理を表す。

前述のように、部分相関解除器406は、2つの部分空間ベクトル、すなわち相関解除された部分空間ベクトルY1と被相関部分空間ベクトルY2とを生成する。相関解除部分空間Y1は、高電力干渉信号を含めていくつかの信号に及ぶ。被相関部分空間Y2は、残りの信号と雑音に関連する。雑音には白色ランダム・ガウス雑音と、所望信号の受信に大きな影響を持たない、雑音と見なされる微弱な干渉信号とが含まれることに留意されたい。言い換えれば、信号強度の低い遠くの干渉信号は、2つの部分空間Y1、Y2を提供するためにノイズとして扱われる。所望信号は、部分空間Y1ま

たは Y_2 のいずれかに含まれる。

出力ベクトル Y を2つの別々の部分空間に分割すると、各部分空間ベクトルを、最適な等化法を用いて等化することができる。前述のように、特性の異なる信号について種々の等化法を用いることができる。ベクトル Y を2つの異なるベクトルに分割すると、等化器は、2つの部分空間ベクトル Y_1 または Y_2 のうちどちらを等化するかに応じて最適化される。好適な実施例においては、被相関信号を含む部分空間 Y_2 は、LMSアルゴリズムを用いて適応的におよび集合的に等化される。LMSアルゴリズムに関わる遅い収束速度は、この部分空間ベクトルから強力な干渉信号が除去されることにより克服される。この除去により、通常であればLMSアルゴリズムの使用を妨げる Y_2 部分空間の固有値比 (Eigenvalue ratio) (最大固有値の最小固有値に対する比) を小さくする。固有値比および固有値拡散 (Eigenvalue spread) は、本文書内では同じ数を参照するために交換可能に用いられることに留意されたい。そのため、収束速度を大幅に増大させずに、あるいは誤差の最小化を犠牲にせずに、LMSアルゴリズムを部分空間 Y_2 に関して用いることができる。被相関ベクトル Y_2 を等化する際に用いられるLMSアルゴリズムは、単独の最適な階段寸法 (step size) を用いてタップ係数を更新する。この方法は、当技術では周知のものである。この方法の説明は、1986年Prentice Hall (ニュージャージー) により発行

されたS. Haykin著のAdaptive Filter Theoryに見ることができる。

相関解除成分を有する部分空間 Y_1 は、LMSアルゴリズムまたはRLSアルゴリズムのいずれか一方を用いて、適応的にまた個別に等化される。LMSは、強力な干渉信号が存在してもこの部分空間の等化に用いることができる。これは、この部分空間ベクトルの成分が相関解除されて、タップ遅延線構造400のタップ係数を更新する際に、最適な独立した階段寸法の使用を可能にするためである。これは、同じ階段寸法が用いられる被相関部分空間 Y_2 に関して用いられるLMSアルゴリズムとは対照的である。一方、RLSは部分空間ベクトル Y_1 の成分に特異点がないために、その成分の等化に用いることができる。相関解除された部分空間 Y_1 に関して最適な階段寸法を有するRLSまたはLMSを用いる

ことにより、収束速度に大きな差がないことがわかっている。

部分的に相関解除されたデータ（ Y ）を用いるLMSアルゴリズムの収束速度は、より高いレベルの相関解除データが用いられるほど改善される。この理由は、信号の固有値拡散が、連続レベルの相関解除と共に小さくなるためである。実際には、第1レベルの相関解除により、被受信信号内の最も強力な信号の存在の影響が排除される。その後の各レベルの相関解除が行われるたびに、別の干渉信号が排除される。この過程は、強力な干渉信号がすべて排除され

るまで続く。被受信信号から強力な干渉信号の影響が除去されるにつれて、固有値拡散が小さくなる。最適なレベルの固有値拡散が得られる（これは信号プロセッサを介して検出される）と、相関解除過程は停止して、この時点で2つの部分空間ベクトル Y_1 、 Y_2 が形成される。

前述のように、LMSアルゴリズムの収束速度は、固有値比により決定される。実際には、固有値比が1に近くなると、部分的に相関解除されたデータを有するLMSが、完全に相関解除されたデータを有するLMSと同じくらい速く収束するようになる。そのため、強力な干渉信号が相関解除される限り、着信信号を完全に相関解除する必要はない。部分的な相関解除により、チップ列を回復する過程と速度とが大幅に改善される。

第7図を参照して、部分相関解除の利点を示すいくつかのグラフが示される。この図は、異なるレベルの相関解除を有するLMSアルゴリズムの4本の学習曲線を示す。X軸は、反復時間を表す。Y軸は、集合平均二乗誤差（ensemble-average-squared error）を表す。所望信号の評価と、LMSを用いて性能比較を行うための係数更新には、種々のレベルの相関解除データが用いられる。相関解除された要素に関しては、階段寸法は各要素毎に最適化され、各要素のべき数の逆数の $1/4$ に設定される。被相関要素に関しては、階段寸法は、部分空間ベクトル Y_2 の最大固有値比の逆数の $1/4$ に設定される。集合平均学習曲

線は、100回の独立したシミュレーション動作を平均化することにより生成される。このシミュレーションでは、5台の同期送信機があるものと仮定され、そ

のうちの1台が所望の送信機である。これら5台の送信機は、期間7を有する独自の黄金拡散列 (Gold Spreading sequences) に割り当てられる。所望の信号電力に対する4つの干渉信号電力の比は、1000, 10, 1および1である。グラフ702は、相関解除を行わないレベル0を示す。グラフからわかるように、この被相関信号の収束は非常に長い。グラフ704は、レベル1の相関解除を表す。レベル2, 3および4の相関解除を、それぞれグラフ706, 708, 710に示す。レベル4は、完全に(全体的に)相関解除された信号を表す。

図からわかるように、レベル1の相関解除を有するLMS704では、最も強力な干渉信号のほとんどが相関解除されており、相関解除を行わないLMS702よりもはるかに速く収束する。レベル1の相関解除を有するLMS704は、より高レベルの相関解除を行うLMS、すなわちグラフ706, 708, 710ほど良好に機能しない。これは、レベル1の相関解除後の被相関部分空間Y2の相関行列の固有値拡散が、より高レベルの相関解除後の相関行列よりも大きいためである。図からわかるように、レベル2のLMS706とレベル3の708の相関解除は、完全な相関解除を行うLMS710と同様に機能する。これは、レベル2および

レベル3の相関解除後の相関行列の固有値拡散が互いに近いためである。一般に、第7図は、完全に相関解除された信号(レベル4の710)とレベル2の相関解除された(部分的に相関解除された)信号706との間に大きな差がないことを実証する。部分的に相関解除された信号と完全に相関解除された信号との間にこのような大きな類似性があるために、性能を犠牲にせずに部分相関解除器を用いることが可能になる。また、部分相関解除器を用いることで、収束速度も大幅に速まる。そのため、強力な干渉信号の影響が被受信信号から排除されれば、全体的な相関解除はもはや必要ないことが結論として得られる。

要約すると、拡散列および相対信号電力レベルをあらかじめ知らなくても、DS-CDMA信号を回復する方法が開示される。本方法には、それによって着信信号が部分的に相関解除される前処理装置が含まれる。強力な干渉信号が相関解除されて、部分空間Y1を形成する。他の信号は、相関されたままになり、も

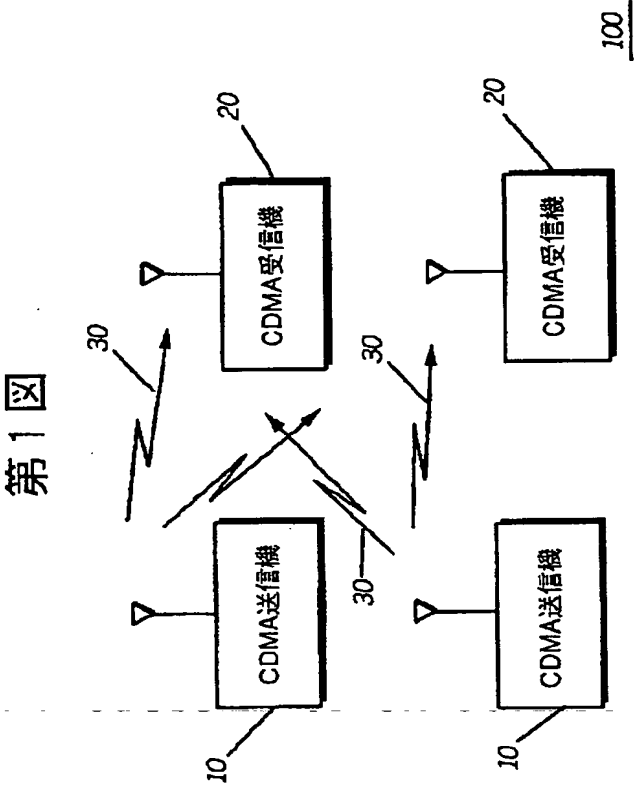
う1つの部分空間 Y_2 を形成する。被相関部分空間 Y_2 から強力な干渉信号が除去されると、LMSアルゴリズムを高速の収束速度で用いることができる。これは、強力な干渉信号がないために小さい固有値比が得られるので可能になる。相関解除された部分空間 Y_1 は、RLSまたはLMSのいずれか一方を用いて等化される。相関解除された部分空間 Y_1 は、もはや特異性がなく、被相関要素を持たないので、これらのアルゴリズムのどちらを用い

てもよい。この方法を用いると、DS-CDMAシステムに伴う近遠問題の影響を、電力制御機構を用いずに大幅に軽減する。

上記より、本発明は、直交変換を用いる部分的な相関解除を実行することにより、等化過程の収束速度を実質的に改善することは明かである。被受信サンプルの部分的相関解除は、強力な干渉信号を識別し、相関解除して、固有値比を小さくする。その結果、被相関信号から強力な干渉信号を除去することで、誤差を最小にするLMSアルゴリズムまたはRLSアルゴリズムの収束速度を実質的に速める。部分的相関解除により、着信信号を全面的に相関解除しなければならないときに必要な余分な時間が回避される。さらに、部分相関解除と、着信信号の回復に用いられるアルゴリズムとは、干渉信号パラメータに関する情報も、相関解除後の信号および雑音要素の識別も必要としない。

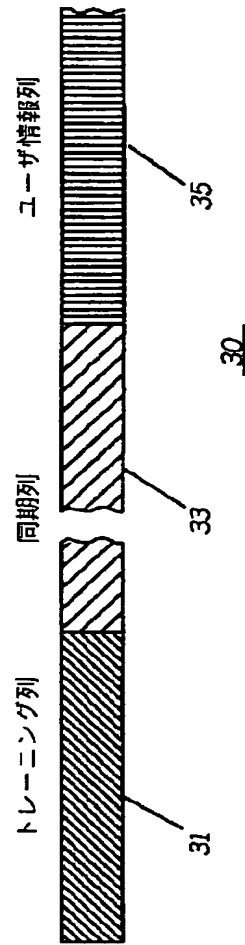
本発明の好適な実施例が図示および説明されたが、本発明はそれだけに限定されないことは明白である。添付の請求項により定義される本発明の精神および範囲から逸脱せずに、数多くの改良、変更、変形、置換および等価のものが当業者には可能であろう。

【図1】



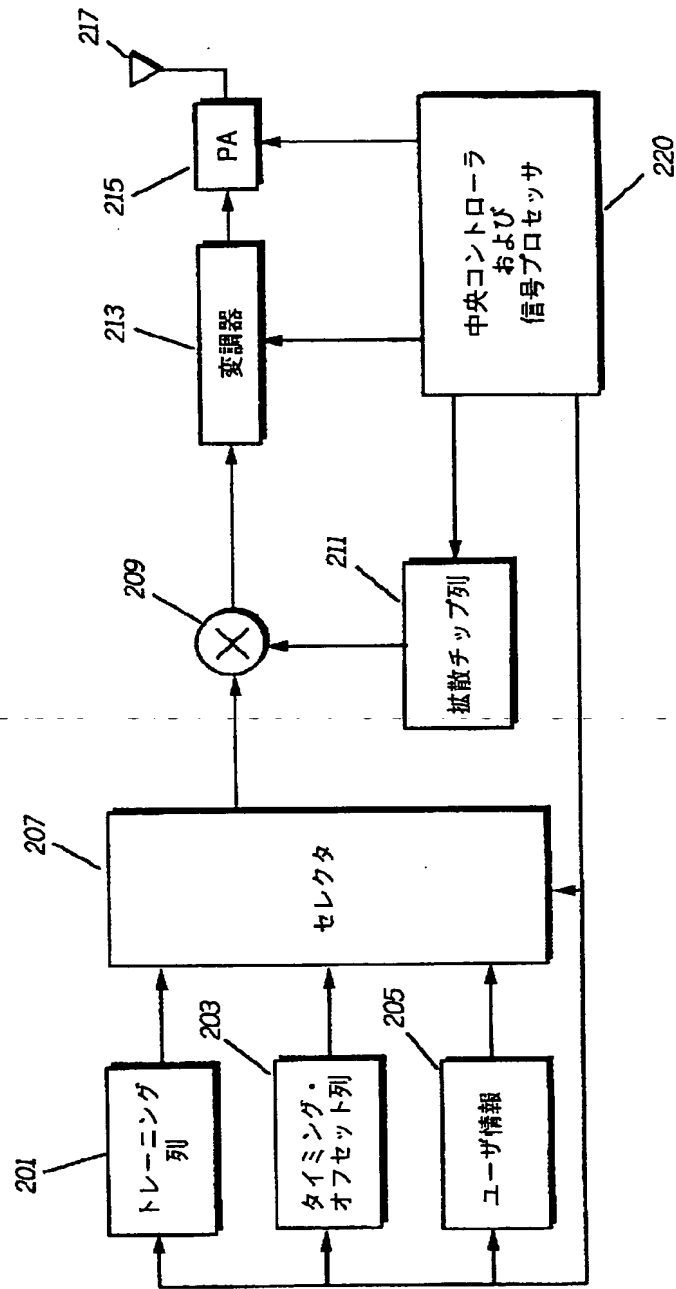
【図 2】

第 2 図



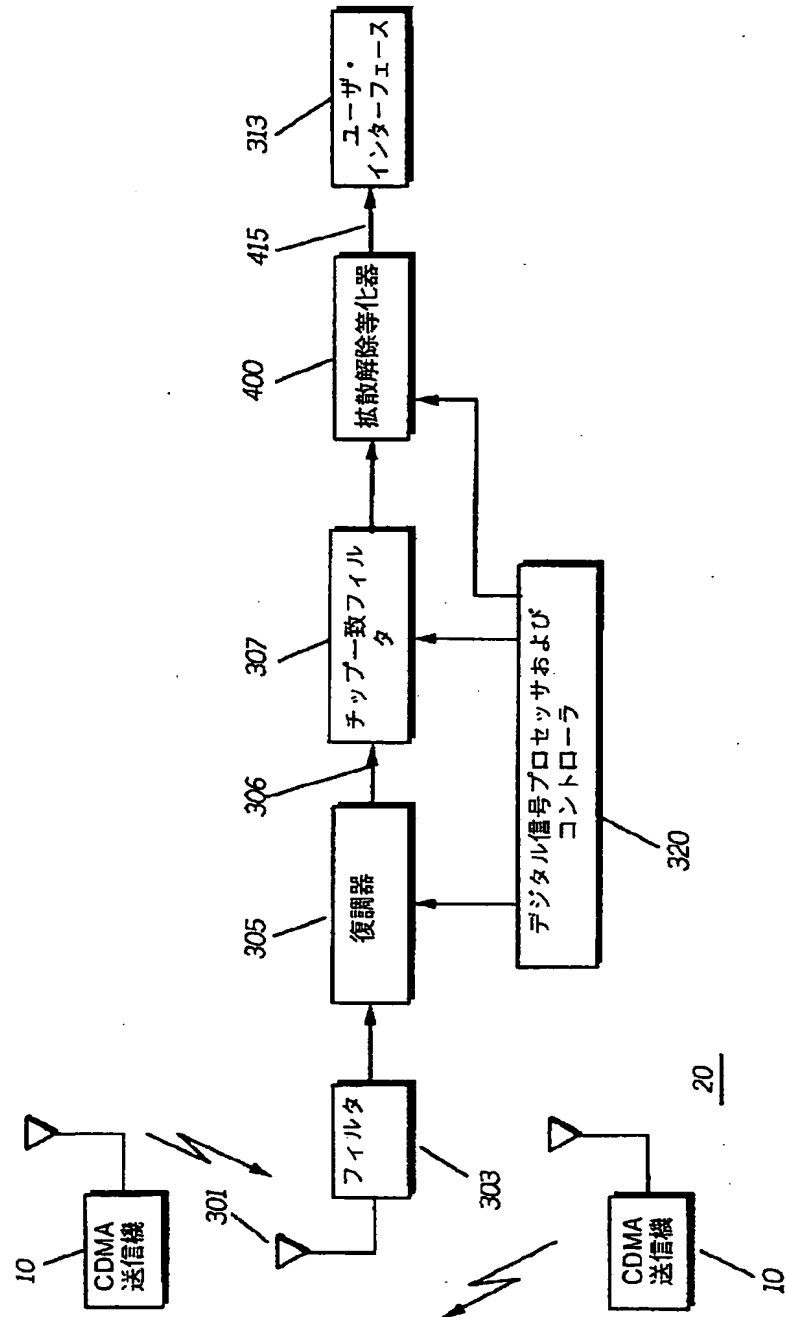
【図3】

第3図

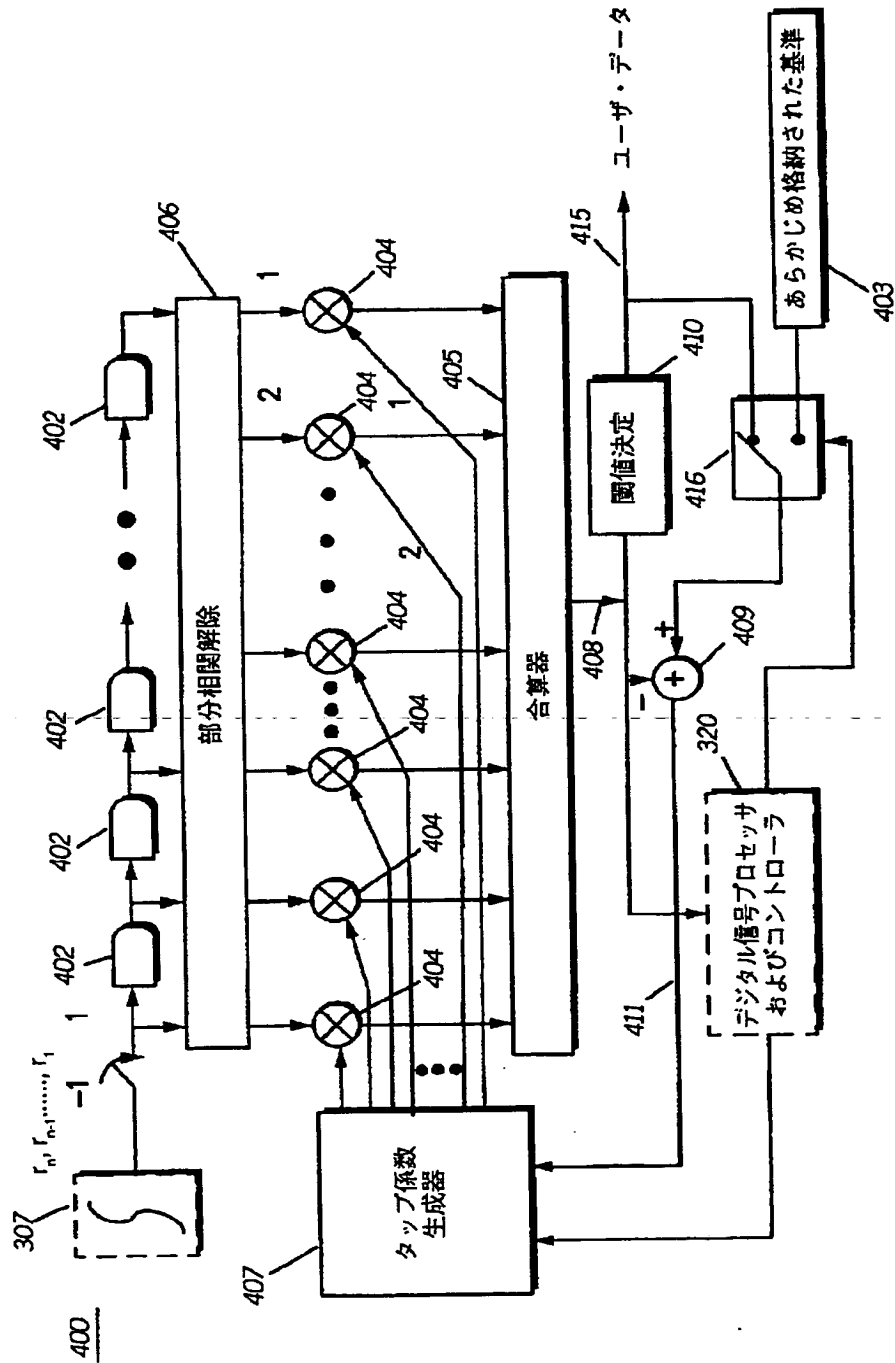


【図4】

第4図

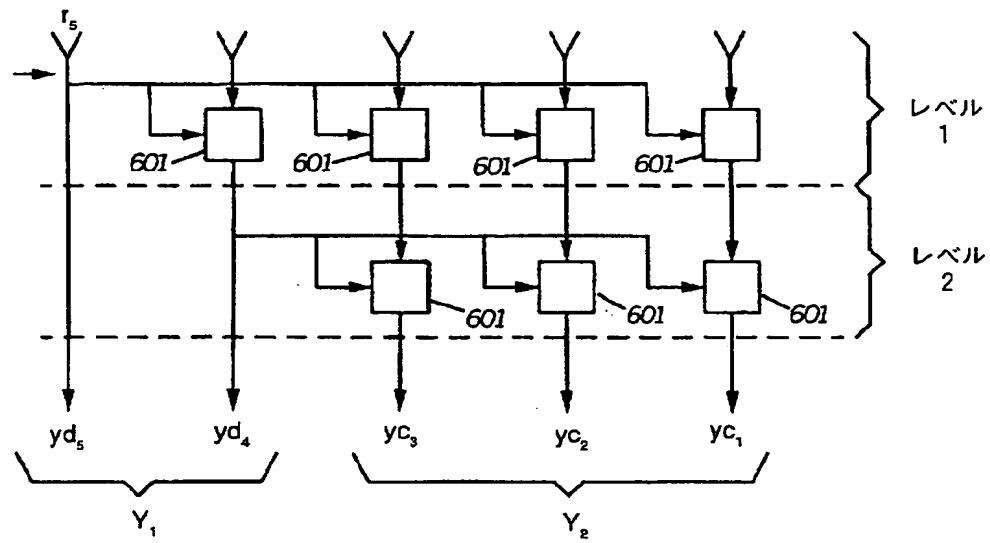


【図5】



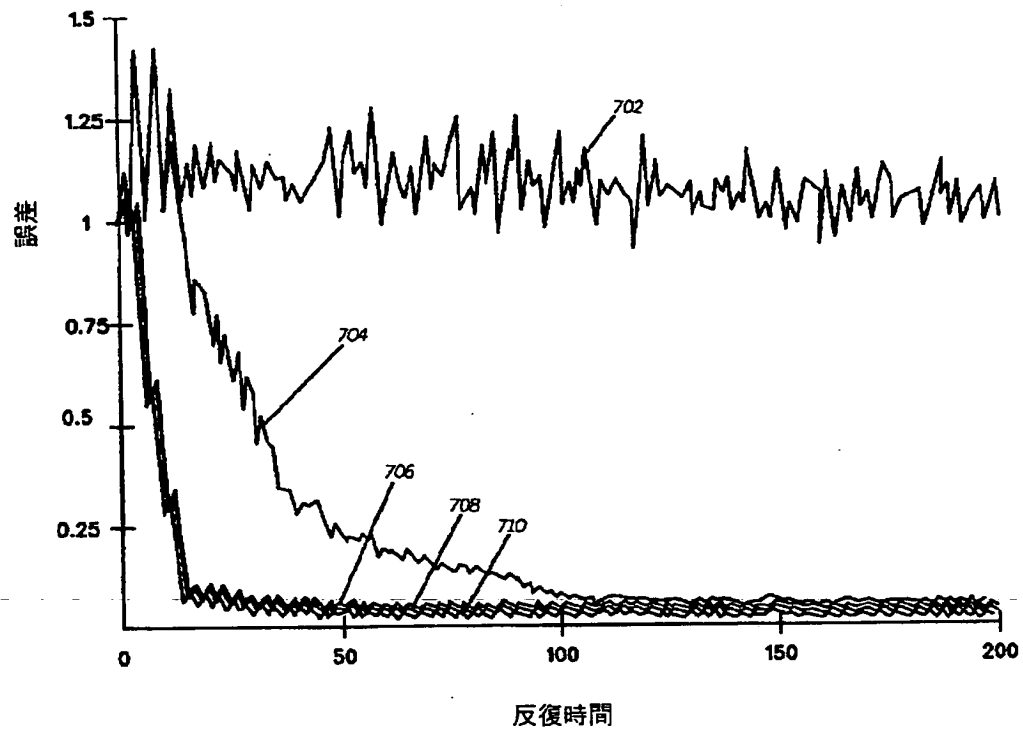
【図6】

第6図



【図7】

第7図



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US94/10828

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(6) : H04J 13/00; H04K 1/00 US CL : 370/18, 69.1; 375/1 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 370/18, 69.1; 375/1 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	US, A, 5,272,721 (MIKOSHIBA ET AL) 21 DECEMBER 1993, col.4, lines 15-68, col.5, lines 1-68	1-10		
A	US, A, 5,101,417 (RICHEY ET AL) 31 MARCH 1992, col.4, lines 13-68; col.5, lines 1-45.	1-10		
A	US, A, 5,099,493 (ZEGER ET AL), 24 MARCH, 1992, fig.1.	1-10		
A	US, A, 5,235,612, (STILWELL ET AL) 10 AUGUST 1993, Fig.2.	1-10		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td> * Special categories of cited documents: "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to undermine the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to undermine the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be part of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to undermine the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 19 JANUARY 1995		Date of mailing of the international search report 09 MAR 1995		
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer AJIT PATEL Telephone No. (703) 308-5347		

THIS PAGE BLANK (USPTO)